

**Impacto del protocolo hormonal de Irregulación Artificial a
Tiempo Fijo (IATF) sobre bioquímicos sanguíneos en vacas
altoandinos (Ayacucho, 3,800 msnm)**

**Impact of the IATF Protocol on Blood Biochemistry of High-Andean Cows
(Ayacucho , 3,800 masl)**

Luis Arturo Rodriguez Zamora1
Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho
<https://orcid.org/0000-0001-9452-7345> luis.rodriguez@unsch.edu.pe

Fidel Mujica Lengua
<https://orcid.org/0000-0001-9107-3712>

Rogelio Sobero Ballardo
<https://orcid.org/0000-0001-5147-5901>

Luis Moscoso García
<https://orcid.org/0000-0002-8941-0019>

William Ulises Palomino Conde
<https://orcid.org/0000-0002-9301-6110>

Diego Sanchez Castro
<https://orcid.org/0000-0001-5768-144X>

Instituto de investigación: Facultad de Ciencias Agrarias

Área de investigación: Ciencias de la Salud

Línea de Investigación: Biodiversidad, mejoramiento genético y salud animal

Resumen

El objetivo fue evaluar el impacto del protocolo hormonal para la inseminación artificial a tiempo fijo-IATF sobre biomarcadores de energía, proteína y salud en vacas altoandinas. Se desarrolló protocolo IATF en diez vacas secas en producción de la Granja Montefino-Solid- Perú, Ayacucho (Llachoccmayo, 3690msnm), a quienes se colectaron sus muestras de suero antes y después del protocolo; las muestras fueron transportadas y procesadas hacia el Laboratorio Clínico de Ayacucho. El biomarcador de energía (glucosa) se mantiene con valores similares antes y después de la sincronización IATF con 57.8 y 60.9 mg/dl respectivamente. Los biomarcadores protéicos (proteína total y albúmina) se mantienen con valores similares antes y después de la IATF con 7.85 y 4.77 g/dl y 7.53 y 4.93 g/dl respectivamente. Los biomarcadores de salud (aspartato aminotransferasa (AST, O AST), y Alanine Aminotransferase (ALT ó ALT) se mantienen con valores similares antes y después de la sincronización IATF con 80.7

1 Doctor en Investigación en Medicina y Sanidad Veterinaria, Docente del Área Académica de Producción Pecuaria. Departamento Académico de Agronomía y Zootecnia.

y 83.6, y 82.98 y 85.64 U/L respectivamente. No hubo diferencias significativas en ningún biomarcador. Se recomienda mantener la nutrición, la salud y el manejo de bienestar general previo a cualquier protocolo de sincronización IATF.

Palabras clave: bioquímica sanguínea, protocolo sincronización IATF, bovinos de altura.

Abstract

The objective was to evaluate the impact of a fixed-time artificial insemination (FTAI) hormonal protocol on energy, protein, and health biomarkers in high-Andean cows. A FTAI protocol was applied to ten dry, lactating cows from the Montefino-Solid Farm, Ayacucho, Peru (Llachoccmayo, 3,690 m a.s.l.), and blood serum samples were collected before and after the protocol, transported under cold chain, and analyzed at the Ayacucho Clinical Laboratory. Glucose remained stable before and after FTAI synchronization (57.8 vs. 60.9 mg/dL). Total protein and albumin showed similar values pre- and post-protocol (7.85 vs. 7.53 g/dL and 4.77 vs. 4.93 g/dL, respectively). Aspartate aminotransferase (AST, formerly GOT) and alanine aminotransferase (ALT, formerly GPT) remained unchanged (80.7 vs. 83.6 U/L and 82.98 vs. 85.64 U/L, respectively). No significant differences were detected in any biomarker. The FTAI hormonal synchronization protocol did not alter metabolic or hepatic health indicators, and adequate nutrition, overall health, and welfare management are recommended prior to implementing FTAI protocols.

Keywords: blood chemistry, AIFT synchronization protocol, high-altitude cattle.

I. Introducción

A nivel mundial una de las técnicas de reproducción asistida de amplia difusión en bovinos constituyen, la sincronización de la ovulación para la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), la cual ha generado adelantos en los programas bovinos de mejoramiento genético a nivel mundial y sudamericano (Bo et al., 2022; De la Mata et al., 2022, Mapletoft et al., 2022). Esta biotecnología potencia el alto valor genético, obteniéndose mayor descendencia durante su vida útil, y en consecuencia aumenta el progreso genético del hato, de la zona y de la región. De especial interés en la sierra por cuanto allí se encuentra el 73% de los 5.6 bovinos de todo el país (MIDAGRI, 2020)

La actividad ganadera en Ayacucho se lleva a cabo principalmente en la sierra altoandina (por encima de los 3000 msnm), y ha experimentado un desarrollo significativo en la última década, gracias al esfuerzo y respaldo de diversas instituciones tanto públicas como privadas. Sin embargo, uno de los desafíos pendientes ha sido mejorar genéticamente el ganado, también se hace

necesario evaluar efecto en la salud y bienestar animal. En Ayacucho la ganadería permite un desarrollo más sostenible y sustentable de alrededor de 113 mil familias (DRAA, 2017). Esta actividad ha tenido avances significativos en la instalación y manejo de los pastos, construcción de instalaciones, entre otros aspectos de la sanidad, reproductivos y productivos, sin embargo, uno de los problemas por resolver ha sido el mejoramiento genético del ganado, principalmente en el aumento de los litros de leche por vaca, y otro aspecto es la evaluación de la salud animal.

Para la adopción de algunas biotecnologías es necesario medir el impacto que tendría sobre la salud, sin embargo, existe poca o nula información. Las tecnologías son importantes y útiles siempre y cuando no afecte al bienestar y la salud de los animales. Una de las herramientas es midiendo la bioquímica sanguínea de ciertos órganos. La bioquímica mide la cantidad y calidad de marcadores biológicos en la sangre del animal, por ende, mide en parte el estado de bienestar y salud animal. Por lo tanto, consideramos útil evaluar

la relación de los impactos de protocolos hormonales de sincronización sobre el perfil hemático en ganado bovino de alta montaña por sobre los 3000 msnm criadas en pastoreo.

Para hacer la sincronización se utilizan protocolos hormonales en determinados días, los cuales provocan cambios en el ovario preparándolo para ya sea una inseminación artificial o una transferencia de embriones. El protocolo de sincronización, aquí utilizado, está constituido a base de progesterona, benzoato de estradiol, gonadotropina coriónica equina y análogo de prostaglandina. Los cuales consideramos que no solo provocan cambios a nivel reproductivo sino también sobre otros órganos de la vaca por lo que se pretende encontrar a través de biomarcadores de energía, proteína y de la salud del animal.

Consideramos necesario evaluar el impacto de estas tecnologías sobre el animal, expresada en el estudio de los biomarcadores antes y después del proceso de utilizar el protocolo hormonal de sincronización reproductiva. Por lo tanto, nuestros objetivos del presente estudio son; como objetivo general: Evaluar el efecto del protocolo de sincronización reproductiva sobre los biomarcadores en vacas altoandinas. Como objetivos específicos evaluar el efecto del protocolo a base de Progesterona, benzoato de estradiol, eCG y análogo de prostaglandina sobre el biomarcador de energía: Glucosa, sobre biomarcador de proteína: Proteína Total, Albúmina, sobre el biomarcador de salud: Creatinina, TGO Y ALT.

II. Materiales y métodos

El estudio se realizó en la Granja Montefino, perteneciente a Solid Perú, Granja ubicada en la localidad de Llachoccmayo, distrito de Chiara, provincia Huamanga, Región Ayacucho. La alimentación de los bovinos es bajo sistema semi pastoril con una sala de ordeño de tipo espina de pescado. Realizan dos veces al día el ordeño (5:00 am y 5:00 pm). El manejo forrajero está compuesto por pasto asociado entre leguminosas y gramíneas *Trifolium pratense* (trébol rojo), *Trifolium repens* (trébol blanco) y *Dactylis glomerata*, *Lolium*

perenne, *Lolium multiflorum* respectivamente, heno de avena (*Avena sativa*) en pacas de entre 20-25 kg. El alimento balanceado se le proporciona de acuerdo con la categoría a la que pertenece y está es elaborada en la misma granja; con Proteína cruda de 17.30%; Energía metabolizable de 2794%; Calcio 3.89%; Fósforo 0.80%; Grasa 3.60%; y Fibra de 5.45%. aproximadamente para toda la dieta según los insumos disponibles.

A las vacas en lactación (vacía o en gestante) se les suministraba alimento balanceado de 5 kg. al día, dividida en 2 porciones (mañana y tarde) por cada vaca. El heno de avena 1 paca de 25 kg. por la mañana y 2 pacas de 25kg. por la tarde por cada 15 vacas., así mismo, se le ofrece bloques nutricionales de sal durante todo el año, agua a disposición en cada corral.

Se instauró el manejo de la Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) mediante un protocolo tradicional de sincronización instaurado a diez vacas seleccionadas (Bo et al., 2022; De la Mata et al., 2022) siguiente:

Día 0 se insertó el dispositivo intravaginal (DIB P4), se inyectó Benzoato de estradiol- BE (2mg), 2ml, se extrajo sangre.

Día 5 se inyectó gonadotropina coriónica equina - eCG (300UI), 1.5ml.

Día 8 se retiró el dispositivo intravaginal = DIB P4 y se inyectó prostaglandina - PGF2 α Cloprotenol (0.50mg), 2ml, cipionato de estradiol = ECP (1mg), 1 ml, se extrajo sangre.

Antes y después de haber realizado este protocolo se extrajo muestras de sangre por punción en la vena coxígea ó en la yugular, utilizando una aguja descartable por animal, previa antisepsia de la piel con alcohol y algodón. Se extrajo alrededor de 3ml de sangre en tubos al vacío con anticoagulante aditivo EDTA, seguidamente fueron agitadas de atrás hacia adelante con el objetivo de disolver la sangre con el anticoagulante. Inmediatamente después de la toma de muestra, se rotuló los tubos con el nombre de la vaca correspondiente.

Las técnicas de Laboratorio

empleadas en el Laboratorio de Salud y Vida, un laboratorio de prestigio en Ayacucho, son para:

Prueba de glucosa: Extracción de la muestra sangre total, en tubos de tapa roja con activador de coagulo. Centrifugar a 3500 RPM por 5 minutos. Agregar en un tubo de vidrio limpio el reactivo de glucosa (Winner) 500ul. Agregar en el tubo de vidrio limpio 5 ul de suero. Incubar a 37 grados centígrados por 10 min. leer la muestra en el ítems Glucosa en el Bioquímico semi automatizado previa calibración. Anotar los datos obtenidos.

Procedimiento prueba de proteínas totales: Extracción de la muestra sangre total, en tubos de tapa roja con activador de coagulo. Centrifugar a 3500 RPM por 5 minutos. Agregar en un tubo de vidrio limpio el reactivo de proteínas totales (Winner) 500ul. Agregar en el tubo de vidrio limpio 5 ul de suero. Incubar a 37 grados centígrados por 10 min. leer la muestra en el ítem Proteínas totales en el Bioquímico semi automatizado previa calibración. Anotar los datos obtenidos.

Procedimiento prueba de albumina: Extracción de la muestra sangre total, en tubos de tapa roja con activador de coagulo. Centrifugar a 3500 RPM por 5 minutos. Agregar en un tubo de vidrio limpio el reactivo de albúmina (Winner) 1000ul. Agregar en el tubo de vidrio limpio 5 ul de suero. Incubar a 37 grados centígrados por 5 min. Leer la muestra en el ítem Albúmina en el Bioquímico semi automatizado previa calibración. Anotar los datos obtenidos.

Procedimiento prueba de ast/alt: Extracción de la muestra sangre total, en tubos de tapa roja con activador de coagulo. Centrifugar

a 3500 RPM por 5 minutos. Agregar en un tubo de vidrio limpio el reactivo de TGO/ALT (Winner) 500ul (REACTIVO 1 (400ul) Y REACTIVO 2 (100ul). Agregar en el tubo de vidrio limpio 50 ul de suero. Homogénizar y leer en forma inmediata. Leer la muestra en el ítem TGO/ALT en el Bioquímico semi automatizado previa calibración. Anotar los datos obtenidos.

Las muestras de sangre tomadas de los vacunos serán sometidas a pruebas de análisis por ende no conlleva aspectos antiéticos. Todos estos actos están regulados por normas de bienestar animal.

En el presente trabajo se pretende analizar los valores bioquímicos mediante estadística descriptiva central y de dispersión empleando el software SPSS, el propio EXCEL, y las diferencias mediante análisis de varianza con la prueba no paramétrica de prueba de los rangos con signo de Wilcoxon, toda vez que se trata de dos grupos emparejados o muestras relacionadas, como antes y después de un tratamiento en el mismo grupo de animales.

III. Resultados y discusión

A continuación, se presenta los resultados y discusión del presente trabajo. Para mayor visualización se muestra los resultados de biomarcadores antes y después del protocolo de sincronización de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), primero para los perfiles del biomarcador de energía para ello mide la glucosa, luego los perfiles de biomarcador de proteína en los que se midió la proteína total y la albúmina, y finalmente se midió las transaminasas (AST y ALT) para los perfiles de biomarcador de salud.

Tabla 1.

Valores de biomarcadores de energía, proteína y salud en vacunos Pardo Suizo y cruces antes y después de la sincronización para IATF. Montefino, 2024

ANTES DE LA SINCRONIZACION IATF							
BIOQUIM. SANGUINEA	Unida de med.	Valor ref.	MEDIA	DESV. ES T	MEDIANA	MIN	MAX
Biomarcador de energía:							
GLUCOSA	mg/dl	50-80	57.8 ^a	6.730	57.5	48	71
Biomarcador de proteína:							
PROTEINA TOTAL	g/dl	6.0-7.9	7.85 ^a	2.467	7.25	5.4	14
ALBÚMINA	g/dl	s/vr*	4.77 ^a	0.878	4.75	2.6	5.8
Biomarcador de salud:							
AST	U/L	s/vr*	80.7 ^a	14.604	82.05	63	110.7
ALT	U/L	s/vr*	83.6 ^a	14.576	79.3	57.3	101.4
DESPUES DE LA SINCRONIZACION IATF							
BIOQUIM. SANGUINEA	Unida de med.	Valor ref.	MEDIA	DESV. ES T.	MEDIANA	MIN	MAX
Biomarcador de energía:							
GLUCOSA	mg/dl	50-80	60.9 ^a	5.363	60	54	72
Biomarcador de proteína:							
PROTEINA TOTAL	g/dl	6.0-7.9	7.53 ^a	1.781	7.3	5.6	12
ALBÚMINA	g/dl	s/vr*	4.93 ^a	0.620	5	3.5	5.8
Biomarcador de salud:							
AST	U/L	s/vr*	82.98 ^a	13.129	85.15	67	112
ALT	U/L	s/vr*	85.64 ^a	14.227	81.95	59.3	104

*s/vr=sin valor ref.

a, a Valores iguales del biomarcador (antes y después IATF) muestran sin diferencia significativa, $p > 0.05$.

Los resultados del presente trabajo muestran que el protocolo de sincronización IATF no afecta el valor energético de la glucosa en bovinos pardo suizo y cruces. Si bien la glucosa refleja el balance entre la ingesta de energía y del consumo energético, esencial para funciones vitales como la producción de leche, el crecimiento y la reproducción, para este caso de aplicar un protocolo de sincronización a base de esteroides, prostaglandinas con ocho días de trabajo muestra que no hay diferencias significativas ($p > 0.05$).

Los resultados con respecto a los biomarcadores de proteína antes y después de aplicación del protocolo de sincronización IATF en bovinos Brown Swiss y cruces en

vacas de la Granja Montefino muestran que no existe diferencia significativa ($p > 0.05$). En el presente trabajo la proteína total y la albumina se muestran dentro del rango normal tanto antes como después del protocolo de sincronización, esto es coherente con el buen estado nutricional y la salud general de las vacas, lo que refiere que estos animales han mantenido una buena capacidad de sintetizar proteínas; por ende, del desarrollo de su sistema inmune y buena función hepática. El protocolo de sincronización IATF de 8 días no afecta el perfil de proteínas.

Los resultados con respecto a los biomarcadores de salud antes y después de aplicación del protocolo de sincronización IATF en bovinos Brown Swiss y cruces en

vacas de la Granja Montefino muestran que no existe diferencia significativa ($p > 0.05$). En el presente trabajo las transaminasas se muestran con variaciones mínimas, es decir normales tanto antes como después del protocolo de sincronización, esto es coherente con la evaluación del buen estado funcional del hígado, es decir no hay daños hepáticos, como ocurre en condiciones como hepatitis, cirrosis, o lesiones hepáticas inducidas por medicamentos o toxinas (Tua Saúde, 2023; Verywell Health, 2023).

Por lo que podemos concluir que el protocolo de sincronización IATF de 8 días no afecta el perfil de salud expresado en este trabajo por las transaminasas AST y ALT.

IV. Conclusiones

Los valores del perfil energético expresado en la glucosa se mantienen con valores similares antes y después de la sincronización IATF con 57.8 y 60.9 mg/dl respectivamente. Los valores del perfil protéico expresado en los niveles de proteína total y albúmina se mantienen con valores similares antes y después de la sincronización IATF con 7.85 y 4.77 g/dl y 7.53 y 4.93 g/dl respectivamente. Los valores del perfil de la salud expresado en los valores de AST (aspartato aminotransferasa), antiguamente llamado transaminasas glutámico oxalacética (TGO), y ALT (alanine aminotransferase), antes denominada transamisa glutámico oxal pirúvica (TGP) se mantienen con valores similares antes y después de la sincronización IATF con 80.7 y 83.6, y 82.98 y 85.64 U/L respectivamente.

Recomendamos realizar el presente trabajo de investigación con más muestras en diferentes sistemas de nutrición, diferentes programas de salud, de instalaciones, diferentes épocas, etc. procurando un mayor número de muestras por tratamiento. Precisa poner a práctica una política de capacitación y monitoreo frecuente de la salud animal y vincularlo a la producción y la salud animal. Realizar pruebas constantes de diagnóstico de detección temprana de animales improductivos y añadir análisis de

estos y otros metabolitos que esté influyendo en la eficiencia reproductiva y productiva del hato. En general se recomienda realizar una planificación de actividades en relación con la reproducción animal para alcanzar metas satisfactorias.

V. Agradecimiento

Se agradece al VRI por el apoyo con el financiamiento y la logística empleada en este trabajo de investigación, así también a la Granja Montefino por permitirnos trabajar con sus animales.

VI. Contribuciones de los autores

Luis Arturo Rodríguez Zamora, concibió idea, diseño, metodología, diseño, redacción y revisión versión final.

Fidel Mujica Lengua, desarrollo la metodología y diseño, redacción borrador y revisión versión final

Rogelio Sobero Ballardó, realizó trabajo de campo y recopilación de muestras, redacción del borrador.

Luis Moscoso García, realizó protocolo de muestreo, las pruebas de laboratorio y la interpretación de datos.

William Ulises Palomino Conde, realizó trabajo de campo, análisis estadístico y primer borrador.

Diego Sánchez Castro, realizó trabajo de campo y recopilación de muestras.

VII. Referencias

- Baird, G. D. (1982). *Primary ketosis in the high-producing dairy cow: Clinical and subclinical disorders, treatment, prevention, and outlook*. Journal of Dairy Science, 65*(1), 1-10. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(82\)82146-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(82)82146-2)
- Bauman, D. E., & Currie, W. B. (1980). *Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis*. Journal of Dairy Science, 63*(9), 1514-1529. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)83111-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)83111-0)

- BMC Veterinary Research. (2023). *24-h variations of blood serum metabolites in high yielding dairy cows and calves*. <https://bmcvetres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12917-023-03654-x>
- Bo, G. A., Huguenine, E., & Baruselli, P. S. (2022). *Precision reproduction: role of the veterinarian on productivity in farming. SPERMOVA*, 12(1), 118-127.
- Campos, R., Carreño, E. S., & González, F. D. (2004). *Perfil metabólico de vacas nativas colombianas*. Orinoquia, 8(2), 32-41.
- Cardoso, F. C., Kalscheur, K. F., & Drackley, J. K. (2020). Symposium review: Nutrition strategies for improved health, production, and fertility during the transition period. *Journal of dairy science*, 103(6), 5684-5693.
- Chalmeh, A., Pourjafar, M., Nazifi, S., Momenifar, F., & Mohamadi, M. (2016). Relationships among circulating metabolic biomarkers in healthy high-producing Holstein dairy cows in different physiological states. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 19(4).
- Cherobin, V.C., Garzón, J. P., Alvarado, J. P., & Roberto Marini, P. (2019). Condición corporal y su relación con producción láctea, reproducción y perfil metabólico en vacas lecheras del trópico boliviano. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(1), 107-118.
- Corrales Navarro, E. A. (2022). Efecto de época del año y color del pelaje en variables fisiológicas y reproductivas de vaquillas Holstein en una zona árida. Tesis Maestro en Sistemas de Producción Animal. Univ. Autónoma de Baja California.
- Cunningham, J. (1995). *Fisiología Veterinaria* (1a Ed). Editorial Interamericana, S.A.-Mc Graw- Hill, México D.F
- Das, A., Guha, C., Jana, P. S., Biswas, U., Kar, I., & Rana, T. (2022). Biomarker of clinical diagnosis and therapeutic management of subclinical mastitis in cow. *Exploratory Animal & Medical Research*, 12(2).
- De la Mata, J. J., Morone, S., Macagno, A., Tschopp, J. C., Huguenine, E. E., Cedeño, A., & Bó, G. A. (2022). Tratamiento a base de GnRH y progesterona como alternativa para los tratamientos a base de estradiol para la inseminación artificial a tiempo fijo en vacas *Bostaurus* para carne. *Taurus*, (93).
- DRAA - Dirección Regional Agraria de Ayacucho (2017). *Plan Regional para el Desarrollo Ganadero de Ayacucho 2017-2027*. Gobierno Regional Ayacucho.
- Durmowicz, AG; Hofmeister, S; Kadyraliev, TK; Aldashev, AA; Stenmark, KR. 1993 *Functional and structural adaptation of the Yak pulmonary circulation to residence at high altitude*. *Journal of Applied Physiology*. 74(5): 2276-2285. DOI: 10.1152/jappl.1993.74.5.2276
- Escobar, F. (2008). *Evaluación de 30 parámetros hemáticos en bovinos bos indicus en los municipios de San Juan de Urabá y Arboletes del Urabá Antioqueño*.
- Gonzales Aparicio, G. W. (2023). *Susceptibilidad al mal de altura en bovinos criollos y Brown Swiss determinada mediante constantes hematológicas y marcadores genéticos*. Tesis PhD. UNALM.
- Harrison RO, Ford SP, Young JW, Conley AJ, Freeman AE. (1990). *Increased milk production versus reproductive and energy status of high producing dairy cows*. *J Dairy Sci* 73: 2749-2758.
- Herd, T. H. (2000). *Ruminant adaptation to negative energy balance: Influences on the etiology of ketosis and fatty liver*. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 16*(2), 215-230. [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)30102-X](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)30102-X)
- Hernández Idrovo, W. R. (2022). *Determinación de hemograma y química sanguínea en vacas raza*

- Holstein friesian en producción en condiciones de altitud.* Tesis MVZ. Univ. Politécnica Salesiana. Ecuador.
- Hof, G., Vervoorn, M. D., Lenaers, P. J., & Tamminga, S. (1997). *Milk urea nitrogen as a tool to monitor the protein nutrition of dairy cows.* *Journal of dairy science*, 80(12), 3333-3340.
- Hoyos, L. A. (2015). *Hematología en bovinos.* Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina Veterinaria .
- Huaman Huarco, T. (2020). *Valores hematológicos normales en vacunos, en el centro de investigación de camélidos sudamericanos “Cicas-La Raya” distrito de Marangani- Cusco.*
- Kaneko, J. J., Harvey, J. W., & Bruss, M. L. (2008). *Clinical biochemistry of domestic animals* (6th ed.). Academic Press.
- Kessell, A. (2015). *Bovine Haematology and Biochemistry* (3rd ed. ed.). *Bovine medicine*. doi:10.1002/9781118948538.ch16.
- Lavery, A., & Ferris, C. P. (2021). *Proxy measures and novel strategies for estimating nitrogen utilisation efficiency in dairy cattle.* *Animals*, 11(2), 343.
- Madreseh-Ghahfarokhi, S., & Dehghani-Samani, A. (2020). *Blood metabolic profile tests at dairy cattle farms as useful tools for animal health management.* *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 23(1).
- Mapletoft, R. J., Bo, G. A., Baruselli, P. S., Menchaca, A., & Sartori, R. (2022). *Evolución del conocimiento sobre la fisiología ovárica y su contribución a la aplicación de las biotecnologías reproductivas en sudamérica.* *SPERMOVA*, 12(1), 140-151.
- MDPI. (2023). *Assessment of Mastitis Patterns in Serbian Dairy Cows: Blood Serum Metabolic Profile and Milk Composition Parameters.* <https://www.mdpi.com>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2020). *Bos taurus y Bos indicus: fortalezas de cada rebaño para la producción de leche en el Perú.* Actualidad Ganadera. Recuperado de <https://actualidadganadera.com/bos-taurus-y-bos-indicus-fortalezas-de-cada-rebano>
- Nunes, J. P. F. (2022). *Indicadores dos perfis metabólicos e nutricionais para vacas leiteiras: revisão bibliográfica.*
- Pérez Gonzales, L. F. (2020). *Caracterización de los componentes hematológicos de la vaca lechera en su periodo de transición, en el altiplano mexicano.*
- Puppel, K., & Kuczyńska, B. (2016). *Metabolic profiles of cow's blood; a review.* *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(13), 4321-4328.
- Purtscher, Y. (2019). *Caracterización del sistema inmune y metabólico en vacas primiparas y multiparas durante el periodo de transición y su asociación con patologías del parto.*
- Radkowska, I., & Herbut, E. (2014). *Hematological and biochemical blood parameters in dairy cows depending on the management system.* *Animal Science Papers & Reports*, 32(4).
- Radostits, O. M., Gay, C. C., Hinchcliff, K. W., & Constable, P. D. (2007). *Veterinary medicine: A textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs and goats* (10th ed.). Saunders Elsevier.
- Roland, L., Drillich, M., & Iwersen, M. (2014). *Hematology as a diagnostic tool in bovine medicine.* *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 26(5), 592-598.
- Roldan, V., M., L., & M., G. (2006). *Variaciones en perfiles hematológicos de bovinos lecheros de la cuenca del Salado en distintos estados fisiológicos.* REDVET.
- Sadat, A., Elhanafi, D., Farag, A. M. M., Elmahallawy, E. K., Alsowayeh, N., El-khadragy, M. F., & Elshopakey,

- G. E. (2022). *Immunological and oxidative biomarkers in bovine serum from healthy, clinical, and sub-clinical mastitis caused by Escherichia coli and Staphylococcus aureus infection*. MDPI. <https://doi.org/10.3390/ani12192754>
- Saleh, N., Allam, T. S., Omran, A., & Abdelfattah, A. M. (2022). *Evaluation of Changes in Hemato-Biochemical, Inflammatory, and Oxidative Stress Indices as Reliable Diagnostic Biomarkers for Subclinical Mastitis in Cows*. *Alexandria Journal for Veterinary Sciences*, 72(2).
- Sammad, A., Khan, M. Z., Abbas, Z., Hu, L., Ullah, Q., Wang, Y., ... & Wang, Y. (2022). *Major nutritional metabolic alterations influencing the reproductive system of postpartum dairy cows*. *Metabolites*, 12(1), 60.
- Tallacagua, R., y Mamani, R. (2017). *Determinación de los parámetros bioquímicos sanguíneos y hematología, en Llamas (Lama glama) en el Altiplano Central, La Paz*. Bolivianas, 694.
- Tua Saúde. (2023). *TGO e ALT: o que são, para que servem e valores normais*. <https://www.tuasaude.com>
- Verywell Health. (2023). *AST Blood Results: Meaning of High or Low AST (SGOT) Levels*. <https://www.verywellhealth.com>
- Wittwer, F. (2015). *Marcadores bioquímicos sanguíneos en el diagnóstico y control de trastornos metabólicos en vacas lecheras*. 2° Simposio Nacional de Vaca Lechera. Brasil.

